



⑪
⑫
⑬
⑭

Offenlegungsschrift 24 15 816

Aktenzeichen: P 24 15 816.5
Anmeldetag: 1. 4. 74
Offenlegungstag: 9. 10. 75

⑮

Unionspriorität:

⑯ ⑰ ⑱

⑲

Bezeichnung: Verfahren und Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung von elektroakustischen Wandler-Systemen

⑳

Anmelder: Klingelberg, Arndt, 7500 Karlsruhe

㉑

Erfinder: gleich Anmelder

㉒

Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
DT-OS 22 31 647

Verfahren und Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung von elektroakustischen Wandler-Systemen.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die zur Durchführung des Verfahrens notwendige Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung von elektroakustischen Wandler-Systemen einschließlich der zum Betrieb der Wandler notwendigen Leistungsverstärker. Vorzugsweise ist diese Erfindung auf Lautsprecher bzw. Lautsprecherkombinationen anwendbar, einschließlich der Leistungsverstärker und eventuell vorhandener Frequenzfilter zur Aufteilung des Übertragungsbereiches in mehrere Frequenzbänder bei Mehrwegesystemen.

Überlastungen eines elektroakustischen Wandler-Systems können folgender Art sein:

Überlastung der Wandler

1. Mechanische Belastung der schwingenden Elemente wie der Membrane, der Schwingspule als auch deren Aufhängungen.
2. Thermische Belastung der Antriebselemente wie der Schwingspule.

Überlastung der Leistungsverstärker

3. Zu hohe geforderte Ausgangsspannung
4. Zu hohe geforderte Ausgangsleistung
5. Zu hoher geforderter Ausgangsstrom

Übermäßige Belastungen führen zu Beschädigungen, geringe Überlastungen zu unerwünschtem nichtlinearem Verhalten. Nichtlineares Verhalten bei Lautsprechern äußert sich zB. in Klirren, Intermodulationen und Differenztonbildung, was bei hochwertigen Anlagen vermieden werden muß. Bei hochwertigen Leistungsverstärkern ist es allgemein üblich, eine elektronische Strombegrenzung vorzusehen. Diese Strombegrenzung, wie auch die gegebene Betriebsspannung der stark gegengekoppelten Verstärker führt bei zu hoher Aussteuerung (d.h. Überlastung) zu einer scharfen Begrenzung des Ausgangssignals. Neben Klirrfaktoren 2. und 3. Grades treten bei einer scharfen Begrenzung auch solche höheren Grades stark in Erscheinung. Auf Grund des großen Abstandes von der Grundfrequenz sind Klirrfaktoren höherer Ordnung auch bei kleineren Werten als 1% gut hörbar und sind daher mit einer hochwertigen Wiedergabe nicht vereinbar. Neben dieser weitverbreiteten Art der Überlastsicherung sind noch solche zu nennen, die bei Überlastung der Leistungsverstärker bzw. des Wandler vollkommen abschalten oder die Leistung zurückschalten zB. mittels einem Relais und eventuell einem zwischenzuschaltenden Vorwiderstand. Die durch diese Art der Überlastsicherung

hervorgerufenen Betriebsstörungen (totales Absinken oder Lautstärkesprünge) wirken in der Praxis ungünstig.

Abhilfe ist zur Zeit nur mit einem sehr großzügig dimensionierten Leistungsverstärker möglich, der im praktischen Betrieb nicht überlastet wird. Es erhöht sich hiermit jedoch sehr die Gefahr, die Lautsprecher zu überlasten. Es müßten aus diesem Grund stabile, große Lautsprecher gewählt werden, hierzu im Widerspruch steht die Forderung nach einer geringen schwingenden Masse, nach kleinen Gehäusegrößen und nach einem geringen Herstellungsaufwand. Der mechanischen und thermischen Belastbarkeit der Lautsprecher sind daher Grenzen gesetzt. Aus architektonischen Gründen sollen zudem Lautsprecher und Leistungsverstärker unauffällig und daher klein und kompakt sein. Dieser Wunsch nach hochwertigen aber kleinvolumigen Wandler-Systemen kann heute insbesondere dadurch realisiert werden, indem der Frequenzgang (zumal im Bassbereich) elektronisch linearisiert wird. Hierbei bietet sich die Kombination von aktiven Frequenzfiltern und mindestens zwei Leistungsverstärkern (davon einer für den Bassbereich) für jedes Wandler-System an. Es sind auch Verfahren bekannt, die ein von der Membranbewegung abhängiges Korrektursignal zur Verbesserung der Wiedergabeeigenschaften verwenden. Die Linearisierung des Frequenzgangs unterhalb der Resonanzfrequenz des Basslautsprechers erfordert aber eine hohe Leistung des Verstärkers, da die Leistung in diesem Frequenzbereich je Frequenzhalbierung (Oktave) um ca. 12 dB (das 16-fache) zunehmen muß. Der erforderliche Membranhub nimmt ebenso um 12 dB (das 4-fache) zu, die Membrangeschwindigkeit um 6 dB (das 2-fache). Bei Signalpegelspitzen im Frequenzbereich unterhalb der Resonanzfrequenz wird daher eine Begrenzung im Verstärker und ein Anschlagen oder Kratzen der Membran und Schwingspule häufiger auftreten als im übrigen Frequenzbereich. Zudem ergeben sich bei großen Membranauslenkungen ein nichtlineares Verhalten und durch große Membrangeschwindigkeiten Intermodulationen durch den Dopplereffekt. Im Hochtonbereich ergibt sich vornehmlich eine thermische Überlastung auf Grund der geringen Wärmekapazität und -ableitung. Die kurzzeitige Impulsbelastbarkeit ist daher bedeutend höher als die Dauerbelastbarkeit, es muß daher immer ein Kompromiss getroffen werden zwischen exakter Wiedergabe von Signalpegelspitzen und der Wahrscheinlichkeit von Beschädigungen und Zerstörung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, Überlastungen zu vermeiden, ohne daß auffällig hörbare Nachteile eintreten. Ein elektroakustisches Wandler-System kann daher für den Normalfall und damit einfacher und kleiner dimensioniert werden, bei außergewöhnlichen Anforderungen verhütet das erfindungsgemäße Verfahren deutlich hörbare Verzerrungen und Beschädigungen des Wandler-Systems.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß je nach Signalpegel und -dauer der Frequenzgang des elektroakustischen Wandler-Systems automatisch so beeinflusst wird, daß eine Überlastung nicht eintritt. Eine Veränderung des Frequenzganges kann erfindungsgemäß dadurch erfolgen, daß ein Hoch-, Band- oder Tiefpass mit steuerbaren Filtereigenschaften verwendet wird und, oder ein Frequenzbereich bei Mehrwegesystemen im Pegel beeinflusst wird. Die Beeinflussung der Filtereigenschaften und des Pegels kann mit Hilfe der allgemein bekannten Verfahren über elektrisch direkt oder indirekt wirkende Elemente erfolgen, in den zeichnerischen Darstellungen wurden Feldeffekttransistoren gewählt. Die Anordnung nach Fig.1. beschreibt eine einfache Steuerung für den Bassbereich. Bei steigender Eingangsspannung wird der steuerbare Widerstand eines RC-Hochpasses verkleinert, so daß sich die Übergangsfrequenz des RC-Gliedes nach höheren Frequenzen verschiebt und eine Pegelabsenkung bei tiefen Frequenzen herbeigeführt wird. Der Pegel wird also in dem Bereich besonders stark abgesenkt, wo eine Überlastung besonders leicht eintreten kann. Die Ansprechzeiten der Steuerung sind so zu dimensionieren, daß die Steuerung gehörmäßig nicht auffällt. Eine optimale Ausnutzung des Wandler und des Leistungsverstärkers kann über eine frequenzabhängige Steuerung erzielt werden. Fig.2. zeigt eine einfache Regelung, hier wird der steuerbare Widerstand des RC-Gliedes vom Ausgang des Leistungsverstärkers beeinflusst. Hierbei kann neben der Ausgangsspannung auch der Ausgangsstrom und die Ausgangsleistung zur Regelung herangezogen werden. Während es im Bassbereich darauf ankommt, den Pegel bevorzugt im tiefen Frequenzbereich abzusenken und so die eventuell vorhandene elektronische Frequenzgangkorrektur bei hohen Pegeln zu vermindern, ist es im Hochtonbereich vorteilhaft den Pegel für den Hochtonwandler im ganzen Hochtonbereich gleichermaßen abzusenken, aber nur bei hohen Pegeln von größerer Dauer. Die Ansprechzeiten der Steuerung bzw. der Regelung sind der thermischen Belastbarkeit anzupassen. Eine erfindungsge-

mäße Anordnung bei einem elektroakustischen 3-Wegewandlersystem mit korrigiertem Bassfrequenzgang, aktiven Frequenzfiltern und drei Leistungsverstärkern zeigt Fig.3.. Im Bassbereich ist eine Überlastbegrenzung (zur Herabsetzung von Verzerrungen) durch einen variablen Hochpass (entsprechend Fig.2.), im Hochtonbereich ist eine Überlastbegrenzung (zum Schutz vor Beschädigung) durch einen variablen Abschwächer vorhanden. Der Mitteltonbereich kann ausreichend groß dimensioniert sein, eine Pegelregelung wäre hier im Gegensatz zu den Übertragungsbereichsenden nur von geringem Vorteil. Fig.4. zeigt den Frequenzgang eines derartigen elektroakustischen 3-Wegewandlersystems bei verschiedenen Eingangspegeln und Dauertonbetrieb. Bei nur kurzzeitigen Belastungsspitzen ergibt sich gegenüber Fig.4. vornehmlich im Hochtonbereich ein linearerer Frequenzgang. Die Tendenz der Frequenzgangänderung zu hohen Pegeln hin ähnelt der der physiologischen Lautstärkekorrektur, woraus sich auch erklärt, daß die durch das erfindungsgemäße Verfahren hervorgerufenen Frequenzgangänderungen vom Ohr nur schwach wahrgenommen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ist sogar neben der Überlastverminderung auch zur direkten automatischen physiologischen Lautstärkekorrektur anwendbar. Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile zeigen sich in einem möglichen vollwertigen Schutz des Wandlers und des Leistungsverstärkers und der Vermeidung von starken auffälligen Verzerrungen. Einer Begrenzung auf zB. die halbe Leistung entspricht eine Frequenzgangbeeinflussung von 3 dB, was tragbar ist. Bei Anwendung der Erfindung ist es möglich Leistungsverstärker und Wandler kleiner zu dimensionieren, was den Preis und den Raumbedarf des gesamten Wandler-systems vermindert. Die Nachteile (zB. Begrenzung, Kratzen der Schwingspule) einer elektronisch unterhalb der Resonanzfrequenz korrigierten Kompaktlautsprechereinheit gegenüber einer unkorrigierten bei der Wiedergabe sehr hoher Pegel entfallen. Im Hochtonbereich kann der Kompromiß zwischen Impulstreue und Belastbarkeit verbessert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren und Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung von elektroakustischen Wandler-Systemen, vorzugsweise von Lautsprechern bzw. Lautsprecherkombinationen, einschließlich der Leistungsverstärker und eventuell vorhandener Frequenzfilter, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Belastungsverminderung notwendige Pegelabsenkung nur in bestimmten Frequenzbereichen und kontinuierlich vorgenommen wird, der Frequenzgang also verändert wird.
2. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1., dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Pegelabsenkung über einen Steuer- oder einen Regelkreis bewirkt wird, dabei kann als Eingangsgröße für den Steuer- bzw. Regelkreis eine Spannung, ein Strom oder eine Leistung dienen.
3. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1. und 2., dadurch gekennzeichnet, daß die Eingangsgröße für den Steuer- bzw. Regelkreis frequenzabhängig bewertet wird.
4. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1. bis 3., dadurch gekennzeichnet, daß die Ansprechzeiten des Steuer bzw. des Regelkreises den dynamischen Überlastungseigenschaften und der physiologischen Hörbarkeit angepasst werden.
5. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1. bis 4., dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Pegelabsenkung mit Hilfe von steuerbaren Frequenzfiltern vorgenommen wird, dabei kann der Pegel des gefilterten Signals, die Übergangsfrequenzen, die Filtersteilheit oder eine Kombination dieser Eigenschaften variiert werden.
6. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1. bis 5., dadurch gekennzeichnet, daß die automatische Pegelabsenkung in den einzelnen Frequenzbereichen bei einem elektroakustischen Mehrwegewandler getrennt vorgenommen wird.
7. Verfahren und Anordnung nach Anspruch 1. bis 6., dadurch gekennzeichnet, daß gleichzeitig oder auch vornehmlich eine automatische hörphysiologische Lautstärkekorrektur vorgenommen wird.

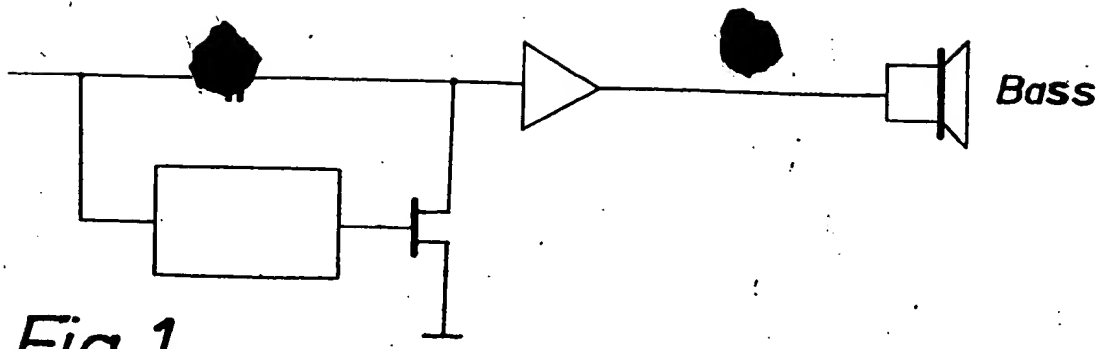


Fig. 1

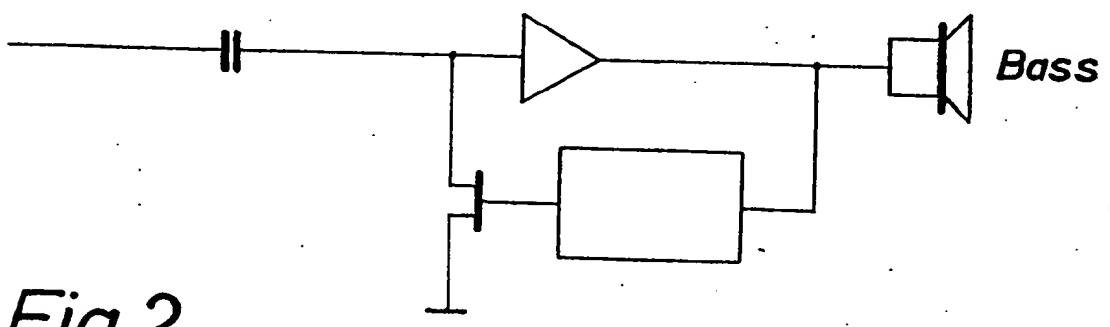


Fig. 2

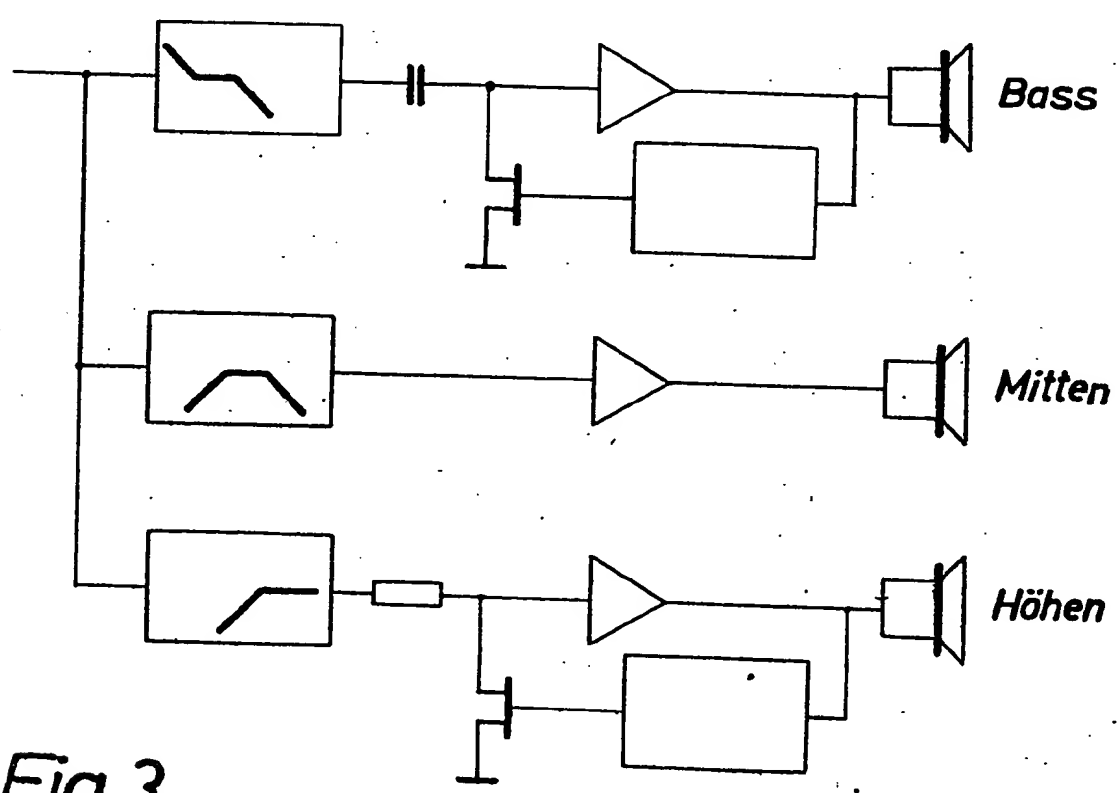
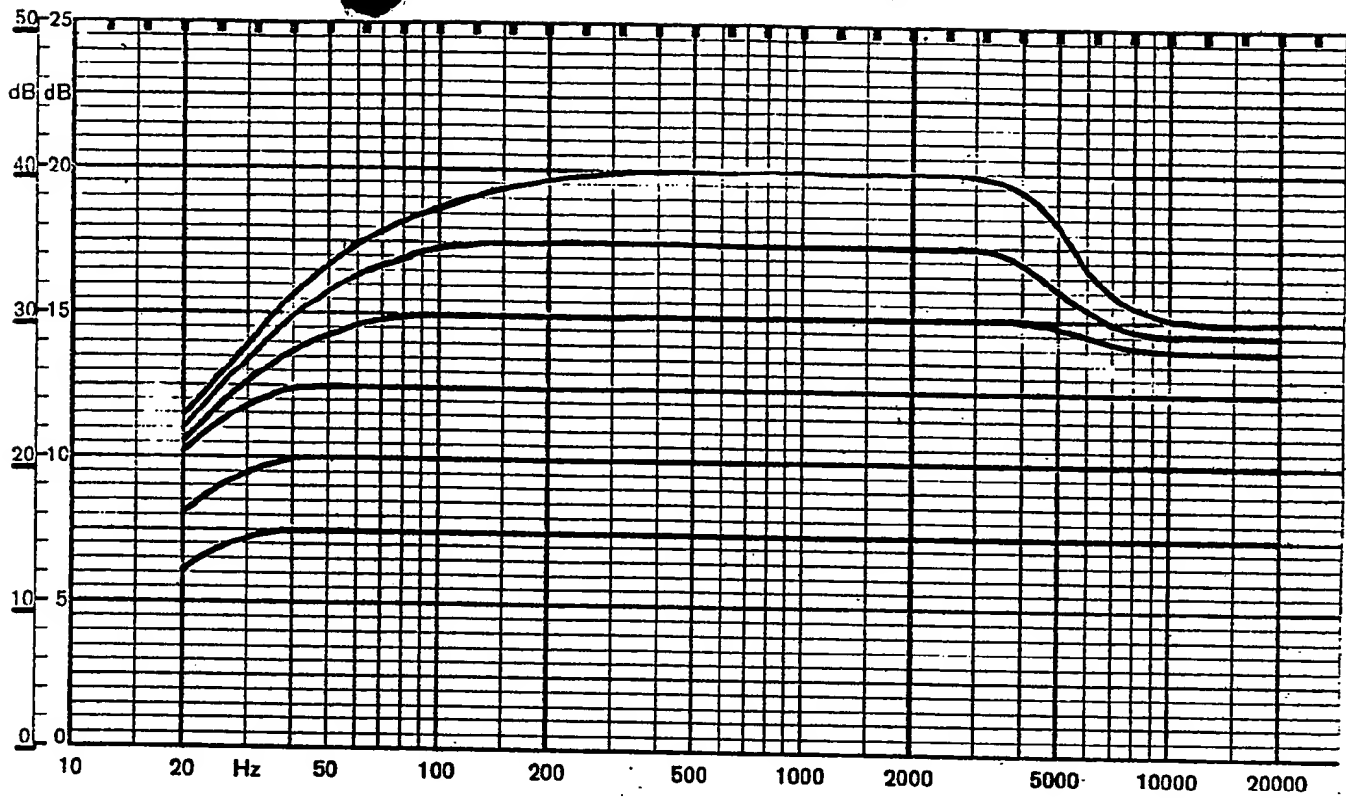


Fig. 3

H04R 3-00 AT:01.04.1974 OT:09.10.1975

509841/0480

Verfahren und Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung von elektroakustischen Wandler-Systemen.

*Fig.4*

Verfahren und Anordnung zur Verringerung der maximalen Belastung
von elektroakustischen Wandler-systemen.

509841/0480